

Fakulteten för landskapsarkitektur, trädgårds- och  
växtproduktionsvetenskap

# Träflis som jordförbättring

- Effekt, användning, och metod

Woodchip as soil amendment

-Effects, use and method

*Solveig Lokøen Knudsen*



Självständigt arbete • 15 hp

Trädgårdsingenjör: odling – kandidatprogram

Alnarp 2018

## **Träflis som jordförbättring**

- Effekt, användning och metod

Woodchip as soil amendment

-Effects, use and methods.

*Solveig Lokøen Knudsen*

**Handledare:** Linda-Maria Mårtensson, SLU, Institutionen för Biosystem och teknologi

**Examinator:** Malin Hultberg, SLU, Institutionen för Biosystem och teknologi

**Omfattning:** 15 hp

**Nivå och fördjupning:** G2E

**Kurstitel:** Kandidatarbete i biologi

**Kurskod:** EX0493

**Program/utbildning:** Trädgårdsingenjör: odling – kandidatprogram

**Utgivningsort:** Alnarp

**Utgivningsår:** 2018

**Omslagsbild:** Solveig Lokøen Knudsen

**Elektronisk publicering:** <https://stud.epsilon.slu.se>

**Nyckelord:** woodchip, compost, ramial chipped wood, soil amendment, soil organic matter

SLU, Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för landskapsarkitektur, trädgårds- och växtproduktionsvetenskap

Institutionen för Biosystem och teknologi

## **Förord**

Jag vill tacka min handledare Linda-Maria Mårtensson för goda råd och vägledning genom arbetets gång. Jag vill också tacka Helena Karlen och Oskar Hansson för de tips jag fick för att hitta min frågeställning. Slutligen vill jag tacka min familj för all stöd under min arbetsprocess.

## **Sammanfattning**

En intensifiering av jordbruket kan hota bördigheten i många jordar och ger ett behov för åtgärder som kan förbättra den långsiktiga bördigheten på ett effektivt sätt. Jordförbättring vid tillföring av organiskt material har visats ge flera positiva effekter på jordens fysiska, biologiska och kemiska egenskaper. I denna litteraturstudie blev träflis jordförbättrande effekt undersökt. Litteraturen visar att tillämpning av olika former för träflis kan ge ökat innehåll organisk substans, näring och positiva effekter på markstruktur. Men en risk för kväve immobilisering i den första gröda efter applicering är hittad i litteraturen. Detta kan undvikas vid tillägg av kväve eller andra åtgärder. Det finns ändå ett behov av ytterligare studier för att kunna utarbeta konkreta rekommendationer för hur dessa material skall tillämpas i olika miljöer och för att bättre förstå den underliggande processen för detta materials effekt på jord.

## **Abstract**

An intensification of agriculture can endanger fertility in many soils and provide a need for measures that can better foster long-term fertility. Soil amendment with adding of organic matter has shown to have several positive effects on physical, biological and chemical properties of soil. In this literature study, the soil improving effects of wood chips were investigated. In the literature, positive effects were found on soil structure, fertility and increased organic matter with addition of woodchips in different forms. But there is a risk of immobilisation of nitrogen in the first crop when woodchip is used as soil amendment. This can be avoided if sufficient amounts of nitrogen is applied or other measures is taken. However, there is a need for further studies to develop clear recommendations of how these materials should be applied in different environments and to better understand the underlying process of this materials effect on soil.



## **INNEHÅLLSFÖRTECKNING**

<b>1. INTRODUKTION</b>	<b>6</b>
1.1. BAKGRUND	6
1.2. FRÅGESTÄLLNING	8
1.3. SYFTE OCH MÅL	8
1.4. AVGRÄNSNINGAR	8
1.5. ORDLISTA OCH FÖRKORTNINGAR	8
<b>2. GENOMFÖRANDE, MATERIAL OCH METOD</b>	<b>8</b>
<b>3. RESULTAT</b>	<b>9</b>
3.1. RAMIAL CHIPPED WOOD (RCW)	9
3.2. NEDBRYTNING AV TRÄ	11
3.3. DET ORGANISKA MATERIALETS PÅVERKAN PÅ JORD	13
3.3.1. MARKSTRUKTUR, KATJONBYTESKAPACITET OCH PH	15
3.3.2. MIKROLIV	16
3.3.3. KVÄVE OCH KOL	16
3.4. TRÄFLIS SOM JORDFÖRBÄTTRINGSMEDEL	18
<b>4. DISKUSSION</b>	<b>21</b>
4.1. SLUTSATS	24
<b>5. REFERENSLISTA</b>	<b>24</b>

# 1. Introduktion

## 1.1. Bakgrund

Klimatet och miljön är vår tids viktigaste frågor, och det ställs flera krav på att våra resurser förvaltas på ett hållbart sätt. Förutsättningen för allt liv är en levande jord. Vi ser idag en intensifiering av jordbruket som bidrar till en negativ påverkan på jordens bördighet, där minskning av organisk substans (OS) är en av de främsta orsakerna (Abiven, Menasseri & Chenu, 2009) och där utarmning av jord är ett globalt problem (Lie et al. 2018). Det är därför önskvärt att hitta metoder som kan bibehålla och förbättra jordens bördighet långsiktigt och på ett miljövänligt sätt.

Jordkvalitet är jordens förmåga att försörja god växthälsa, bra växtkvalitet och hög skörd enligt Magdoff & Van Es (2009). En jord med hög kvalitet är mindre benägen att utsättas för erosion, urlakning och kräver mindre jordbearbetning. Jordförbättrande material och åtgärder förbättrar fysikaliska, biologiska eller näringsmässiga egenskaper i jorden (Wallace & Terry, 1998). Bördighet kan försämrats vid olika odlingsåtgärder som plöjning, användning av kemisk bekämpning, gödsling, och bevattning och kan hota den långsiktiga produktiviteten i många odlingssystem. Det är viktigt att detta speglas i vår förvaltning av jorden som resurs och i beslut runt markförvaltning. Jord har en potential för att lagra större mängder kol genom humus och stabila organiska substanser och därmed hindra att kolet slipper ut i atmosfären (Berg & McLaugherty, 2014). Mängden humus som bildas och dess stabilitet är viktigt för att förutse den globala kolbalansen. I ett miljömässigt sammanhang är det därför viktigt att använda jordförbättrande material som ökar halten organiskt material med ett högt innehåll av stabilt inlagrad kol (C).

I många odlingssystem tillförs OS för att bevara den långsiktiga bördigheten, men kvalitet och mängd på det organiska materialet är ofta varierande (Abiven, Menasseri & Chenu, 2009; Scotti et al. 2015). Det är vanligt att använda restprodukter som stallgödsel, halm, avloppsslam och skörderester (Li et al. 2018), som kan förbättra markstruktur och öka vattenhållande egenskaper i jorden. Men många av dessa typer av jordförbättringsmedel är lätt nedbrytbara och borta inom så lite som två år i vissa fall.

Träresten och träflis är intressanta material för jordförbättring då de är tillgängliga och billiga, ofta gratis. Krattröjning längs vägar, beskärning och röjning av skottskog ger

material som kan utnyttjas som värdefulla källor till OS och som ofta är ett avfallsproblem (Caron, 1994). Det har inom forskning i särskilt Kanada visats intresse för användning för denna typ av trärester, och flera studier har undersökt hur dessa kan tillämpas som jordförbättringsmedel. I Skandinavien finns hög tillgång på torv som har lett till en hög torvanvändning inom trädgård och jordbruk. Alternativ till torv inom dessa sektorer är önskvärt då torv är en fossil resurs, som avger stora mängder växthusgaser vid brytning. Trärester kan ha potential att ersätta en del av torvanvändningen till jordförbättringsändamål.

I detta arbete kommer effekten av träflis som jordförbättringsmedel på jordens fysiska, biologiska och kemiska egenskaper att undersökas, samt hur detta kan göras.



**FIGUR 1: RÖJNING AV SKOTTSKOG LÄNGS VÄG.  
FOTO: SOLVEIG L. KNUDSEN**

## **1.2. Frågeställning**

Hur fungerar och lämpar sig träflis som jordförbättringsmaterial?

## **1.3. Syfte och mål**

Syftet med arbetet är att undersöka hur användning av träflis som jordförbättringsmaterial kan påverka jordens fysiska, kemiska och biologiska egenskaper.

Målet är att arbetet ska belysa potentialen i att använda olika former av träflis som jordförbättringsmedel.

## **1.4. Avgränsningar**

Arbetet kommer avgränsas till litteratur som handlar om jordförbättring med träflis/ trärester som råmaterial och inkluderar olika former, som flisad grenflis "Ramial chipped wood" och komposterad träflis. Det kommer inte gå djupare in på andra jordförbättringsmetoder. Arbetet kommer belysa materialens påverkan på jordens fysiska, kemiska och biologiska processer.

## **1.5. Ordlista och förkortningar**

**OS** - Organisk Substans

**RCW** - "Ramial Chipped Wood" - grenflis

**RW** - "Ramial Wood" - mindre grenar, vanligen med en max diameter på ca 7 cm

**N** - Kväve

**C** - Kol

**CEC** - Katjonbyteskapacitet

**Mulch**-Marktäckning

## **2. Genomförande, material och metod**

Arbetet har genomfört som en litteraturstudie. Litteratur som böcker och vetenskapliga artiklar har använts, och litteratur är inhämtad från bibliotek i södra Skåne, och i Bergen, Norge. Litteratursökningen är också gjort vid hjälp av databaser som SLU-bibliotekets

sökbas Primo, Web of science, Google och Google scholar. Sökord som är använt är: jordförbättring, träflis, kompost, organiskt material, wood chip compost, ramial chipped wood, soil amendment, soil conditioner, soil organic matter, degradation of wood, samt olika varianter av dessa.

### **3. Resultat**

Trärester som träflis har ett högt innehåll av lignin och cellulosa, och anses vara goda alternativ som jordförbättringsmaterial eftersom dessa är grundelement för bildning av stabil pool av OS (N'dayegamiye & Angers, 1993 se N'dayegamiye and Dubé, 1986). Utgångspunkten för mycket av forskningen på träflis som jordförbättringsmedel är ett intresse för utnyttjande av avfall från skogsavverkning (Venner et al. 2011). Förbränning är en vanlig åtgärd för avfallshantering på vissa ställen (Nada et al. 2012) och detta medför luftföroreningar. Ett begränsat urval av litteraturen använder begreppen “Ramial Chipped Wood” (RCW) och “Ramial Wood” (RW), andra beskriver materialen som “woodchip”, “wood residue” eller liknande. Metoder och material har stora likheter, men skillnader finns. Den viktigaste skillnaden visat i litteraturen är om materialet är använt i komposterad eller färsk form. Vidare är skillnaderna om materialet är använt som mulch (marktäckning) eller inkorporerad i matjorden, mängd, storlek på bitar/flis och ursprungsmaterial.

#### **3.1. Ramial Chipped Wood (RCW)**

“Ramial Chipped Wood” teknik går ut på att använda flisad grenved som jordförbättringsmaterial. Teknikens utveckling började på sjuttioalet då en kanadensisk forskargrupp fick i uppdrag att hitta användning för stora mängder grenavfall från skogsavverkning (Caron, 1994). Namnet “Ramial Chipped Wood” kommer från det franska “bois rameal” = “ramial wood” = grenved, och eftersom metoden baserades på flisning av materialet blev metoden kallad “bois raméal fragmenté” (BRF) på franska = “chipped branch-wood” på engelska också kallad “Ramial Chipped Wood” (RCW) på engelska. I naturlig skogsmark bildas stabil humus genom nedbrytningen av bland annat lignin (Caron, 1994). RCW-tekniken efterliknar detta ekosystem vid att tillföra hög ligninhaltig material som främjar svampar framför bakterier i jorden (Barthès et al.2015)

och hävdas kunna ge ökad skörd genom att ändra jordens kemiska och fysiska egenskaper och stimulera den biologiska aktiviteten i jorden enligt RCWs utvecklare (Barthès et al. 2015). Tekniken har blivit tillämpad som jordförbättring i både skogsmark och åkermark (Caron, 1994).

“Ramial Wood” (RW) är mindre grenar med en maxdiameter på ca 7 cm, eftersom större grenar ofta används som brännved (Lemieux & Germain, 2000). I mindre grenar är den totala mängd lignin i förhållande till cellulosa mycket högre än i stamved (Caron, 1994). Ligninet, som är mindre polymeriserat, utgör basen för bildning av humus (stabil OS) och aggregat i marken (Caron, 1994). De mindre grenarna fungerar på många vis som trädets näringsfabrik och där produceras trä, polysackarider, oxider och proteiner, som är viktiga energi och näringskällor för andra organismer på flera olika nivåer (Lemieux, 1996). Flisning av grenveden gör materialet lättare tillgängligt för mikroorganismerna, som omvandlar näring och energi till humus (Caron, 1994 se Lemieux, 1993).

Inhämtning av RW görs bäst mellan oktober - mars i tempererat klimat när temperaturen är låg och materialet skyddas mot nedbrytning (Lemieux & Germain, 2000). Innehållet av N är också högre i trä på hösten-vintern eftersom N transporteras från bladen in i grenarna innan lövfällning (Kozlowski & Pallardy, 1997). Materialet sprids ut på fält företrädesvis direkt efter flisning med t.ex. en gödselspridare (Lemieux & Germain, 2000) och inkorporeras i matjorden (Caron, 1994; Lemieux & Germain, 2000; Li et al. 2018; Bulmer, 2000; Barthés, 2015; Soumare et al. 2002) med t.ex. en “hack” (Caron, 1994). I flera försök används träflisen även som mulch, dvs. marktäckning (Lunt, 1955; Li et al. 2018; Bulmer, 2000; Germer, Van Dongen & Kern, 2017; Barthés, 2015). Enligt Caron (1994) och Germain & Lemieux (2000) skall RCW enligt “RCW-tekniken” inte komposteras eller plöjas ner, men inkorporeras i matjorden för en optimal långsiktig effekt. Mikroorganismernas kolonisering av materialet förekommer snabbare om materialet är väl fragmenterat, och därmed mer uppdelat, när det sprids ut (Caron, 1994). Inkorporeringsdjupen varierar mellan 5-20 cm i de olika studierna.

Inokulering av skogsjord rekommenderas för återinföring av organismer som är viktiga för nedbrytningen av RCW (Lemieux & Germain, 2000), eftersom studier har



visats att basidiesvampar, som är viktiga nedbrytare av trä, inte finns i odlad jord. Skogsjord hämtas från företrädesvis äldre lövskog kort tid innan utspridningen av RCW (för att hindra uttorkning), och sprids ut i en mängd på ca 10-20 g/m<sup>2</sup>. Inträdet av basidiesvamparna i fliset är viktigt, annars kan bakterier som aktinomycceter förhindra koloniseringen (Germain & Lemieux, 2000).

### 3.2. Nedbrytning av trä



FIGUR 2: DELVIS NEDBRUTEN TRÄFLIS. FOTO: SOLVEIG L. KNUDSEN

Den kemiska sammansättningen av trä varierar i rot, stam och gren, samt med trädets geografiska läge, klimat och markförhållanden (Pettersen, 1984). Det finns stor variation, men också likhet i den kemiska sammansättningen i olika arter. Huvudämnen i trä är lignin (18-35%) och kolhydrat (65-75%). Kolhydraten innefattar cellulosa (40-50%) och hemicellulosa (25-35%). Ligninet bildar, tillsammans med cellulosa och andra beståndsdelar, den stödjande vävnaden i växter (Alm et.al, 1997). De olika beståndsdelarna har olika nedbrytningshastighet, där lignin bryts ner långsamt och kolhydrater bryts ner snabbt (Ostrogovic et al. 2015 se Ćirić, 1984). Olika mikroorganismer bryter ned de olika delarna (Berg & McClaugherty, 2014). Ligninmolekylerna har en komplicerad kemisk uppbyggnad och är svåra för mikrober att angripa (Alm et al. 1997). Det är inte många organismer som kan bryta ner lignin, bara några få protozoer och bakterier har dessa egenskaper (Lemieux, 1996), men



framförallt är det olika basidiesvampar (s.k. vitrötesvampar) som har specialiserat sig på detta (Alm et al. 1997). Basidiesvampar använder sitt enzymsystem för att producera fulvosyra och huminsyror från lignin, som är basen för bildning av markaggregat (Caron, 1994 se; Leisola & Garcia, 1989). När olika beståndsdelar i ligninet omvandlats till upptagbar form kan de nyttjas av andra mikrober (Alm et.al, 1997).

Den stora variationen i nedbrytningshastighet mellan olika växtarter är dokumenterad (Weedon et al. 2009). Enligt Ostrogovic et al. (2015) är nedbrytningshastigheten påverkad av art, men i mindre utsträckning än andra parametrar. Enligt Melillo et al. (1983) kan kvoten mellan lignin och N i trä användas för att förutse nedbrytningshastigheten. Yngre grenar har en högre andel av det aktiva och kväverika kambiumet i sitt tvärsnitt än äldre grenar (Kozlowski & Pallardy, 1997), som gör att yngre grenar har ett högre innehåll av N. En lägre kvot mellan lignin och N i mindre grenar förklarar därför en högre nedbrytningshastighet jämfört med äldre grenar (Ostrogovic et al. 2015; Edmonds, 1987). N innehåll i olika trädarter varierar mycket, där t.ex. al (*Alnus*) har relativt högt N innehåll (Bollen, 1953) pga. symbios med kvävefixerande bakterier (Evert, Eichhorn & Raven, 2013). Studier från skogsbruk visar att arter som lönn, ek och bok passar bäst som RCW pga. av högre lignin innehåll (Lemieux & Germain, 2000). Arter som pappersbjörk, poppel och amerikansk asp har visat mindre positiva resultat.

Nedbrytningshastigheten är vanligen högre för gömfröiga arter än nakenfröiga (Weedon et al. 2009), men det finns undantag (Fasth et al. 2011). Det tyder på att den lägre nedbrytningshastigheten är kopplad till nakenfröigas trädarters högre ligninkoncentration och lägre N och P innehåll i förhållande till gömfröiga (Weedon et al. 2009; Edmonds, 1987). Men det är inte bara mängden lignin som är avgörande för nedbrytningen och dess effekt. Det är tydligt att det finns olika biologiska strategier i barr-och lövträdskogar. Medan barrträdsskogar är system med podsoljordar och en begränsad biodiversitet, är lövträdskogar system med brunjordar med stabil utvecklad aggregatstruktur och högre biodiversitet enligt Lemieux (1996). Ligninet i nakenfröiga växter har en annan kemisk struktur (är asymmetrisk med en metoxyl grupp) än gömfröiga och ger upphov till polyfenoliska föreningar som har hämmande effekt på många jordbildande processer (Lemieux, 1996; Caron, Lemieux & Lachance, 1998).

Ligninets olika struktur och dess utveckling genom nedbrytningsprocessen kan vara en avgörande skillnad som bidrar till olika effekter i respektive system (Lemieux, 1996). Detta kan vara en effektiv strategi för att eliminera konkurrens från andra arter i barrträdsskogar och den hämmande effekten av polyfenoliska föreningar är anledningen till att det inte rekommenderas att ha större andel än 20 % av RW från barrträd i RCW (Caron, Lemieux & Lachance, 1998). Denna typ av föreningar kan också finnas i många tropiska träslag. Men effekten blir mindre i tropiskt klimat på grund av den höga jordtemperaturen.

Flisstorleken påverkar också nedbrytningshastigheten, och enligt Fasth et al. (2011) är en vanlig uppfattning att när diameterstorlek på material ökar, minskar förhållandet mellan angreppsyta och totala volymen, med följden att nedbrytningshastigheten sjunker. En studie gjord av Ostrogovic et al. (2015) visade att den minsta flis storleken ( $\varnothing < 1$  cm) hade högre nedbrytningshastighet. Motsägelsefulla resultat observerades av Fasth et al. (2011) som hittade högre nedbrytningshastighet i material med större storlek inom olika arter tall (*Pinus*). Liknande resultat visas av Erickson, Edmonds & Peterson, (1985) förmodligen på grund av ett lägre vatteninnehåll vid mindre flis storlek. Detta tyder på att förhållandet mellan yta och volym kan vara viktig för nedbrytningen, men också fukttinnehållet. Nedbrytningshastigheten i blöta områden påverkas av andra faktorer som population av mikroorganismer och gasutbyte (Fasth et al. 2011). Material av mindre storlek i torrare områden kan torka, och nedbrytningshastigheten kan öka med storleken av materialet. Skillnader i nedbrytningshastighet i relation till materialets storlek är därför beroende av nedbrytningsplatsens klimat. En variation i flis storlek är visats i litteraturen på mellan 2-14 cm längd.

### **3.3. Det organiska materialets påverkan på jord**

En odlad jord består vanligen av mellan 1-6 % OS (Magdoff & Van Es, 2009). Även om den procentuella andelen är relativt låg har den enorm effekt på alla jordens egenskaper. OS kan delas upp i tre olika delar: Levande organismer, färska organiska rester och väl nedbrutna organiska rester (humus).

1. **Levande organismer** äter och omvandlar växtrester och gödsel till nya kemiska föreningar och celler, samtidigt som de bidrar till bildning av stabila aggregat och porer mellan aggregaten.
2. **Färska organiska rester** är nyligen döda organismer och växtrester och nyligen applicerad naturgödning. Denna del är den aktiva, lätt nedbrytbara delen av OS. Den är huvudnäringen för de olika jordlevande organismer, som genom nedbrytningen frigör näring och bildar nya organiska ämnen som bidrar till att binda ihop jordpartiklar.
3. **Humus är väl nedbrutna organiska rester.** Termen humus används av många för att generellt beskriva organiskt material i jord, medan andra använder denna term för den del av de organiska resterna, som man inte bara kan se med blotta ögat (Magdoff & Van Es, 2009). Denna förvirring runt olika begrepp gör det svårt att förstå vad som menas när humus beskrivs.

Humus bildas genom kemisk omvandling av organiska restsubstanser (Kratschmer, 2000) och är en kemisk odefinierbar substans (Alm et al. 1997), som kan delas upp i flera komponenter (humin, huminsyra och fulvosyra) beroende på deras löslighet.

Bildningen av humus och de organiska syrorna är i princip orsaken till vittring i mineraljordar, som igen bidrar till att försörja växter med näring (Berg & McClaugherty, 2014). Humus kan fungera som kolkälla för mikroorganismer som kontinuerligt producerar syror och därmed bidrar till vittring. Humus förbättrar markstrukturen, det blir lättare för syre och vatten att släppas igenom, den vattenhållande förmågan ökar (Alm et al. 1997), kompaktering och dräneringsproblem minskar (Magdoff & Van Es, 2009), och tillväxt och mikrobiell aktivitet ökar (Li et al. 2018). Det är på grund av dessa fördelar, som OS stabiliserar jordens aggregat och denna stabilisering är avhängig av vilken typ av organiskt material som tillkommer och vilken nedbrytningsdynamik detta ger upphov till (N'dayegamiye & Angers, 1993).

### 3.3.1. Markstruktur, katjonbyteskapacitet och pH

Markstrukturen utgörs av olika element, primära jordpartiklar (enskilda korn), aggregat (sekundära partiklar av sammansatta korn), humus, döda växtrester, med mera

(Johansson, 1992). Kolloider är mikroskopiska jordpartiklar som utgörs av oorganiska finlerfraktioner och organisk humus (Wiklander, 1976). Jordar som innehåller lera och/eller humus kan bilda aggregat. Aggregaten har olika former, storlek och stabilitet, varierar med djupet i jorden och bildas när organiska partiklar och mineralpartiklar klumpas ihop (Magdoff & Van Es, 2009). Mellan aggregaten bildas olika storlekar av porer för vatten och syre och i dessa kan gasutbyte ske. I jordar med bara en kornstorlek, som grus, sand och mojordar, är de primära partiklarna inte bundna med varandra i aggregat. Markkolloider är också orsaken till jordens katjonbyteskapacitet (CEC), jordens förmåga att binda till sig katjoner (Magdoff & Van Es, 2009). Eftersom markkolloider vanligen är negativt laddade attraheras katjoner till deras yta och bidrar till att många växtnäringsämnen skyddas från urlakning och lagras i marken. Innehållet av OS bidrar på detta sätt till markens förmåga att lagra växtnäring och försörja växter. Nedbrytning påverkar pH, som kan öka om växterna tar upp katjoner från marken som igen blir frigjord vid urlakning eller förmultning av avfall (Berg & McClaugherty, 2014). Markens pH kan sänkas genom avgivningen av koldioxid och bildandet av kolsyra (Berg & McClaugherty, 2014). OS har en buffrande egenskap för jordens pH vid att ta upp vätejoner från marklösningen när syror bildas eller vid avgivningen av väte när baser bildas (Magdoff & Van Es, 2009). Mer syror behövs därför för att sänka pH när det finns mycket OS och i motsatta fall behövs mer basiska ämnen för att öka pH i jordar med höga innehåll av OS (Magdoff & Van Es, 2009).

Litteraturen visar flera exempel på att OS har gynnsam effekt på markstruktur (Lunt, 1955; N'dayegamiye & Angers, 1993; Robert et al. 2014; Tahboub, Lindemann & Murray, 2008; Holtz, Caesar-TonThat & Mckenry, 2005; Lie et al. 2018). Positiv effekt på aggregatstabilitet (Tahboub, Lindemann & Murray, 2008; Lunt, 1955), vattenhållande kapacitet (Li et al. 2018; Lunt, 1955) och lägre skrymdensitet (Venner et al. 2011; Lunt, 1955) visades från litteraturen. Infiltrationshastigheten blev lägre i sandjord (Lie et al. 2018) och högre i lerig/siltig sandjord (Holtz, Caesar-TonThat & Mckenry, 2005) förmodligen på grund av att det tillförde organiska materialet gav större porvolym. I jord med högt lerinnehåll (46 % lera) visades ingen signifikant effekt på vattenhållande kapacitet vid inkorporering av träflis (Tahboub, Lindemann & Murray, 2008). Detta indikerar att effekten från träflis är större på grövre jordar, som inte har god

förmåga att hålla vatten. Råmateriallets ursprung visade också ha effekt på vattenhållande kapacitet. Venner et al. (2011) visade att Douglasgran (*Pseudotsuga menziesii*) höll minst vatten efter mättnad oavsett flis storlek vid jämförelse med andra nakenfröiga arter. Detta indikerar skillnader i vattenhållande egenskaper mellan olika arter inom nakenfröiga lignoser. Påverkan på pH visar generellt sett sänkning i pH (Lunt, 1955; Holtz, Caesar-TonThat & Mckenry, 2005) och inga indikationer visar att pH ökar vid applicering av träflis (Tahboub, Lindemann & Murray, 2008).

### **3.3.2. Mikroliv**

Det är i stor grad den kemisk-fysikaliska miljön i jorden som avgör sammansättningen av olika organismer (Wiklander, 1976). Olika råmaterial ger olika grupper av mikroorganismer energi (Berg & McClaugherty, 2014). Vid en ökning av OS, vatten och organisk C visades mer mikrobiell aktivitet vilket indikerar att jordförbättringsmaterial ökar mängden levande organismer (Lie et al. 2018). Material som har lågt innehåll av hemicellulosa och lignin har vanligen högt innehåll av växtnäring. Organiska rester som innehåller stor andel svårnedbrytbara beståndsdelar, som lignin, bidrar mer till jordens stabila OS (humus) än proteiner och socker som är lättnedbrytbara (Tahboub, Lindemann & Murray, 2008 se Schnitzer, 1978). Det är därför viktigt att ha kvoten mellan C och N i åtanke för att optimera för det mikrobiella samhället i marken vilket presenteras mer i detalj i stycket nedan. En ökning av mikrobiell aktivitet visades av Lie et al. (2018) och Robert et al. (2014) vid applicering av träflis. Reducerad mängd av vissa växtpatogena nematoder och ökad mängd bakterie- och svampätande nematoder, samt ökad mängd och diversitet av basidiesvampar hittades i träflisförbättrad jord (Holtz, Caesar-TonThat & Mckenry, (2005). Effekter på andra skadegörare eller sjukdomar har inte hittats i litteraturen.

### **3.3.3. Kväve och kol**

Vid nedbrytning av organiskt material är kol-kväve-förhållandet, som också kallas C/N-kvot eller C/N-balans, viktig. Kol-kväve-förhållandet är förhållandet mellan tillgängligt kol och tillgängliga kväveföreningar enligt Alm et al. (1997). Vid höga kol-kväve-förhållanden finns en brist på kväve för organismerna som driver nedbrytningen (Alm et

al.1997). Mikroberna måste då bryta ner varandra för att få tillgång till tillräckligt med kväve för uppbyggnaden av nytt cellmaterial och nedbrytningen kommer därför gå långsamt. Om nedbrytningen förekommer i jord, kan kväve i marken bli immobiliserad (kväve-immobilisering; N-immobilisering) av mikroorganismerna och göras otillgängliga för växter. Användning av träflis och andra trärester i färsk form har länge haft negativa associationer, eftersom flera har upplevt mycket dåliga skörderesultat efter applicering av sågspån, trärester, eller träflis (Lunt, 1955; Magdoff & Van Es, 2009). Trä i olika former har ett relativt högt C/N-förhållande (Alm et.al, 1997) och det finns en reell risk för N-immobilisering när detta används i färsk form. Material som bryts ned snabbt kräver mer tillsats av N för att hindra N-immobilisering, än material som bryts ned långsamt. Exempelvis blev flis från björk nedbruten snabbare än ek och tall, och björk krävde därför mest tillsats av N för att hindra N-immobilisering (Lunt, 1955) i motsats till tall, som krävde minst N för att hindra N-immobilisering. C/N-förhållandet är alltså viktigt för mikrobiell nedbrytning och styr hastighet, omfattning, slutprodukten art och varierar med tillgängligt N (Kratschmer, 2000). Optimum för komostering är C/N förhållanden på 20-30/1, där lägre förhållanden vill föra till N-immobilisering och högre förhållanden vill bromsa nedbrytningen.

Flera studier visar höjda nivåer av näringstillgänglighet som en följd av tillsats av flis. Flera studier visar förhöjda nivå av N efter tillämpning av träflis (Lunt, 1955; Lie et al. 2018; Holtz, Caesar-TonThat & Mckenry, 2005; Robert et al. 2014) I de flesta av försöken gjort av Lunt (1955) blev resultatet förhöjd N nivå, men inte högre än flisets



**FIGUR 3: TRÄFLIS I AGROFORESTRY FÄLT. FOTO: THE ORGANIC RESEARCH CENTRE. ANVÄND EFTER TILLÅTELSE.**

eget N-innehåll, vilket enligt Lunt (1955) betyder att ändringen i N är försumbar. Ett totalinnehåll av N ökade med ökad mängd flis enligt Lie et al. (2018). Även om N-immobilisering förekom den första säsongen fanns förhöjd nivå av de flesta näringsämnen i träflisförbättrade jordar det tredje året efter applicering och gav en ökad tillväxt i säsong tre och fyra efter applicering. Detta visar att trots den första säsongens N-immobilisering blev det mer näring i träflisförbättrade jordar återförd jämfört med jord utan träflis (Holtz, Caesar-TonThat & Mckenry, 2005). Ingen effekt på halt organisk C eller N vid mulch av träflis hittades av Lie et al.(2018) där ökad C innehåll visades i flera andra studier (Lunt, 1955; N'dayegamiye & Angers, 1993; Robert et al. 2014). Detta tyder på att tillförsel av träflis ökar den mikrobiella populationen och/eller aktiviteten.

### **3.4. Träflis som jordförbättringsmedel**

Flertaliga studier visar jordförbättrande effekter från applicering av grenflis eller andra trärester (Lunt, 1955; Robert et al. 2014; Tahboub, Lindemann & Murray, 2008; N'dayegamiye & Angers, 1993; Holtz, Caesar-TonThat & McKenry, 2005; Germer, Van Dongen & Kern, 2017; Scotti et al, 2015; Li et al, 2018; Soumare et al. 2002), men det är stor variation i vilka effekter och i vilken grad effekterna visas.

N-immobilisering observerades i flera studier (Lunt, 1955; N'dayegamiye & Angers, 1993 se N'dayegamiye and Dubé, 1986; Holtz, Caesar-TonThat & Mckenry, 2005; Barthès et al. 2015; Soumare et al. 2002) där den första grödan fick en reducerad skörd efter behandling med träflis. I komposterad form eller med tillräckligt komplement av N gav behandlingen ingen reducerad skörd för den första grödan och följande grödor gav generellt ökad skörd/tillväxt (Lunt, 1955; Robert et al.2014; Germain & Lemieux, 2000; Li et al.2018; Soumare et al.2002). Det senare tyder på att den negativa effekten några trämaterial kan ha på N-tillgänglighet framför allt är tillfällig. Ingen N-immobilisering har observeras i jord inkorporerad med träflis i tropiskt klimat, två månader efter applicering (Robert et al. 2014), troligen för att N-immobilisationen inträffade precis efter behandlingen och på grund av tropiskt klimat med en snabb nedbrytning av all tillförd OS. För att undvika N-immobilisering måste tillräckligt med kväve finnas eller tillsättas (Lunt, 1955). En åtgärd är att använda fliset i en gröngödslingsgröda, företrädesvis en N-fixerande gröda eller låta det gå ett år från



användning till sådd eller plantering. Fliset kan användas som strö för husdjur och sen återföras till fält, eller användas på fält med baljväxter (Lunt, 1955). Denna typ av åtgärder kan ge (ekonomiska) lösningar på problemet med N-immobilisering det kommande året (Lunt, 1955). Å andra sidan menar Lemieux & Germain (2000) att det inte är nödvändigt att tillföra ytterligare N till RCW. N-gödsling kan öka nedbrytningen av cellulosa och polyfenoler och kan ändra aggregatstruktur och fysisk-kemiska egenskaper i jorden enligt Lemieux & Germain (2000). Tillsats av N kan även gynna och stimulera kväveälskande ogräs som gynnas av överskott av nitrat, nitrit eller ammonium. Ingen immobilisering av näringsämnen visades vid nedbrytning av avfall från rödal (*Alnus rubra*) (Edmonds, 1987). Detta tyder på att avfall från kväverika träslag kan reducera risken för N-immobilisering.

I ett försök på effekten från träflis på groning av sallat visades en positiv effekt av N-immobilisation (Lunt, 1955). Inblandning av träflis ledde till N-immobilisation och visade en ökad groning. Alla typer av flis visade positiv effekt på groningen. Tallflis blev nedbruten långsamt som ledde till mindre påverkan på nitratnivån (lägre N-immobilisering), och visade att tallflis gav en mindre positiv effekt på groning än flis från ek och björk (som gav större N-immobilisering). Ingen typ av flis ledde till minskad groning.

Toxisk effekt från träflis blev undersökt av Lunt (1955). Ingen toxiska effekter visades och alla negativa effekter på tillväxt orsakades av N-immobilisering. Men det kan finnas skillnad i olika växters känslighet för denna typ av effekter, och en negativ effekt på groning och gynnsam effekt på utveckling av ogräs har visats för olika mängder RCW, inkorporerad och mulchad (dvs. marktäckande) (Robert et al. 2014).

Effekt på tillväxt eller skörd efter jordförbättring med träflis har studerats under olika förhållanden (Robert, et al. 2014; Holtz, Caesar-TonThat & Mckenry, 2005; Bulmer, 2000; Barthés et al, 2015; Li et al. 2018; Lunt, 1955; Soumare et al. 2002). Positiv effekt på tillväxt och skörd visas i flera studier (Robert, et al. 2014; Holtz, Caesar-TonThat & Mckenry, 2005; Li et al. 2018; Soumare et al. 2002). Ett ökat antal säljbara frukter med 140 % och ökad skördevikt per planta med 200 % visades i en studie av Robert, et al. (2014). En signifikant ökning i antal säljbara frukter samtidigt som det inte visades signifikant ökning i antal frukter, föreslår att RCW kan bidra till förbättrad fruktkvalité.

Barthés et al. (2015) hittade ingen effekt på tillväxt/skörd vid lägre appliceringsmängd av RW i varmare klimat (Burkina Faso). I ett försök där bara färsk träflis blev applicerad kunna inte konsekventa positiva effekter på skörd visas i påföljande grödor efter N-immobilisering (Lunt, 1955), men om tillräcklig N-källa blev tillagd, eller om fliset blev komposterad gav appliceringen i regel en ökat skörd och mindre N-immobilisering. Bulmer (2000) studerade mulchad (marktäckande) träflis effekt på tillväxt av träd över tre år och bäst tillväxt visades i de fält som bara var plöjd utan flis tillagd. Dessa studier visar stor variation i effekt på tillväxt och skörd från användning av träflis.



**FIGUR 4: KOMPOSTERING AV TRÄFLIS. FOTO: THE ORGANIC RESEARCH CENTRE. ANVÄND EFTER TILLÅTELSE.**

Användning av kompost för att öka innehållet av OS är en av de vanligaste jordförbättrande åtgärderna i vissa områden (Vandecasteele et al. 2014). Eftersom organiskt material kan komposteras, kan odlare återvinna avfall från sin egen odling och använda resurser på nytt i odlingssystemet. Det finns olika metoder för kompostering av träflis, men i grund baseras metoderna i litteraturen på traditionell aerob strängkompostering. De huvudsakliga skillnaderna ligger i antal vändningar, och inblandning av näringsrikt material. Positiva erfarenheter med komposterad träflis är

gjorda av Iain Tolhurst, en brittisk odlare och rådgivare som har experimenterat med komposterad träflis som näringskälla i ett odlingssystem utan input från djur ("Stockfree growing"). Materialet kommer från lokala arborister och komposterar i ca 10 - 18 månader innan applicering i fält under växtsäsongen med en mängd på 50 m<sup>3</sup>/ha över gröngödslingsgrödor. Komposteringslängden kan variera efter hur många vändningar som görs och kan enligt Tolhurst (2010) bli färdig på 3 månader vid frekvent vändning. Andra studier visar att kompostering av träflis gav en lätt minskad skörd (pga. mindre N-immobilisation) det första året (Lunt, 1955). Under detta arbete hittades få specifika beskrivningar av själva komposteringsmetoden för träflis. Dessutom hittades endast en mindre mängd litteratur som uteslutande beskriver komposterad träflis. Några studier gjord på jordförbättring med trämaterial har utfört försök med komposterad trärester/träflis och olika kombinationer med kompost men informationen kring ämnet är begränsat och därmed kan inga goda jämförelser göras eller rådgivande slutsatser dras.

#### **4. Diskussion**

För att förstå effekten av olika trärester som jordförbättringsmedel är det viktigt att se på en mängd olika faktorer (Li et al. 2018), som trädart, nedbrytningshastighet, flis storlek, appliceringsfrekvens och inblandning av andra material eller näringskomponenter. Skillnad i behandlingar ger skillnad i biologiska, kemiska och fysiska effekter beroende på inkorporerad mängd, placering av materialet (mulch, övre skikt, nedplöjt) och typ av råmaterial (Li et al. 2018). I studierna, som redovisats i detta arbete, varierar många av dessa faktorer. Appliceringsmängd av RW varierar i stor grad och studierna använder olika enheter t.ex. m<sup>3</sup>/ha, t/ha, vikt-%. Dessutom anges mängden ibland i torr vikt och ibland i färsk vikt, vilket komplicerar jämförelsen mellan appliceringsmängd. Olika appliceringsmängd mellan 1,5 t/ha (torr vikt) (Barthès et al. 2015) och 200 t/ha (färsk vikt) (Robert et al. 2014) visas i litteraturen och resultaten är delade om vilka mängder som ger bäst effekt. Däremot visades det att den högsta mängden applicerad flis inte gav högsta skörden enligt Li et al. (2018). Detta tyder på att effekten inte stiger exponentiellt med applicerad mängd träflis. Troligen är den befintliga jordarten och dess OS-halt avgörande för förhållandet mellan effekt och mängd. En generell slutsats är

troligen att effekten av träflis är högst på jordar med lågt OS innehåll, som har en sämre förmåga att hålla vatten.

Enligt Germain & Lemieux, 2000; Caron, Lemieux & Lachance, 1998; Caron, 1994; Lemieux 1997; Lemieux, 1996 har nakenfröiga lignoser negativ effekt som jordförbättringsmaterial. Men enskilda försök visar motstridande resultat där tallflis gav generellt bäst jordförbättrande effekt jämfört med ek och björk enligt Lunt (1955). Orsaken till detta resultat är inte tydligt i litteraturen.

I studierna som redovisats i arbetet fanns en variation i försökslängd från 6 månader till 14 år. Fler långvariga studier skulle troligen kunna ge en tydligare bild på långtidseffekten från denna typ av jordförbättring och ge bättre indikationer på effekten från olika appliceringsfrekvenser. De många variationerna i effekter på grund av de många samspelande faktorerna gör resultaten svårtolkade och försvårar möjligheten att dra samlade slutsatser här.

En kombination av avfallshantering och resursutnyttjande är ursprunget för intresset för mycket av forskningen på träflis som potentiellt jordförbättringsmedel. Studier är utförda i Europa, Asien, Afrika, och Nord-Amerika med en tydlig övervikt av studier från Nord-Amerika, särskilt Kanada, och bara ett fåtal är studier från tropiskt klimat. En mängd begrepp för att beskriva utgångsmaterial är använt, t.ex. "Fine wood debris", "Hogfuels", "hogfuel materials", "wood chips", "wood residue", "coarse woody amendments". Detta är material som varierar i form, storlek, råmaterial och som inte alltid specificeras tydligt i litteraturen. Även detta komplicerar jämförelsen mellan studier.

I den enda review artikel om RCW hittad under arbetet visas statistisk information om effekterna RW har på grödor och jord, liksom indikationer på ökad näring, OS, biologisk aktivitet och förbättrad markstruktur (Barthès et al. 2015 se Barthès et al. 2010), vilket stämmer bra med resultaten som hittats under detta arbete. En av de största nackdelarna som hittats med användningen av träflis som jordförbättringsmedel är immobilisering av näring. En tendens finns för N-immobilisering i första gröda efter applicering och detta kommer i de flesta fall att få praktiska och/eller ekonomiska konsekvenser och är en reell utmaning som i många fall kan begränsa användningen, men kan undvikas vid tillägg av N eller annan åtgärd. Ökad immobilisering av

oorganiskt N efter t.ex. skogsavverkning, medför en mindre risk för utlakning, vilket har visats av Homyak et al. (2008). Applicering av RW, och dess efterföljande N-immobilisering, kan då användas för att förhindra urlakning i odlingssystem och göra metoden verkligt intressant för odlare. Andra aspekter såsom ekonomi och praktiska möjligheter och begränsningar runt produktion av flis bör utvärderas ytterligare för att bättre kunna jämföra träflis med andra organiska material som används till jordförbättring på ett mer enhetligt sätt. Det visas också att RW kan ge ökad skörd i efterföljande grödor efter N-immobilisering. Fler studier behövs för att bättre kunna utarbeta rekommendationer för tidpunkt av applicering av träflis innan plantering/sådd, och därmed kunna få maximal nytta på kort sikt (Soumare et al. 2002).

Tillgänglighet är en av huvudorsakerna för att träflis är intressant för jordförbättring. Det finns en enorm potential för många olika grupper att använda materialen och det krävs stora resurser för att bli av med denna typ av avfall. Kommuner, län, trafikverk, odlare och trädgårdsföretag är tänkbara användare. Träflis och grenflis bör ses som en resurs som kan återvinnas i det system det tillhör och kan minska externa resurser i form av andra näringskällor som konstgödsel eller organisk gödsel. Träflis och grenflis är mycket lämpligt i system där man samodlar grödor med lövfällande buskar och träd som tjänar flera syften, t.ex. häck som vindskydd, som fånggröda eller till frukt. Detta kan vara lösningar som många odlingssystem kan tillämpa (Caron, 1994). Det finns även försök som visar att träflis kompost kan vara ett gott alternativ till torvbaserat substrat använt till förökning/uppdragning av småplantor (Tolhurst, 2014; Venner et al. 2011). Intensiva odlingssystem som tunnelodling med behov för hög input av OS kan ha god nytta av denna typ av jordförbättring för att bibehålla god bördighet (Tolhurst, 2010; Scotti et al. 2015). Träflis kan spela en intressant roll inom s.k. "Stockfree growing" (odlingssystem utan animalisk input) eftersom det behövs andra källor till OS än stallgödsel inom denna typ av odlingssystem (Tolhurst, 2010). I fleråriga grödor kan RCW användas utan inblandning av andra material (Soumare et al. 2002). Träflis är även ett miljövänligt material som sällan blir besprutad och där ursprunget kan spåras eftersom det i de flesta fall vill komma från lokal omgivning (Tolhurst, 2010) och är lätt att hantera i olika kvantum antingen för hand eller maskin.





**FIGUR 5: MULCHAD TRÄFLIS I TUNNEL.**

**FOTO: THE ORGANIC RESEARCH CENTRE. ANVÄND EFTER TILLÅTELSE.**

#### **4.1. Slutsats**

Olika förutsättningar som jordarter, försökslängd, miljö (åkermark/skogsmark), och klimat påverkar effekt och resultat som komplicerar tolkningen av forskningen. Enligt Germain & Lemieux, (2000) finns det fortfarande inte en tydlig förståelse för hur RCW fungerar eller hur detta bäst skall användas. Det föreligger ett starkt behov av mer forskning för att visa de jordförbättrande effekter träflis kan ha på olika jordar i olika klimat och för att tydligare kunna utarbeta konkreta rekommendationer för hur detta skall tillämpas i olika klimat och miljö.

### **5. Referenslista**

Abiven, Menasseri & Chenu (2009). The effects of organic inputs over time on soil aggregate stability – A literature analysis. *Soil Biology and Biochemistry*, 41 (1), ss.1–12. Tillgänglig:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0038071708003234> [2018/2/2]

Alm, G., Eriksson, G., Ljungren, H., Olsson, I., Palmstierna, I., Tiberg, N., Veltmann, H. (1997). *Kompostboken*. 4. uppl. Stockholm: LTs förlag

- Barthès, B.G., Penche, A., Hien, E., Deleporte, P., Clermont-Dauphine, C., Cournac, L., Manlay, R.J. (2015). Erratum to: Effect of ramial wood amendment on sorghum production and topsoil quality in a Sudano-Sahelian ecosystem (central Burkina Faso). *Agroforestry Systems*, 89 (1), ss.95–96. Tillgänglig: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10457-014-9743-0> [2018/1/25]
- Berg, B. & McClaugherty, C. (2014). *Plant Litter [elektronisk resurs] : Decomposition, Humus Formation, Carbon Sequestration* 3. ed., Heidelberg: Springer. Tillgänglig: <https://link.springer.com/book/10.1007%2F978-3-642-38821-7> [2018/2/6]
- Bollen, W.B.B. (1953). Mulches and soil conditioners: Carbon and Nitrogen in Farm and Forest Products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 1 (5), ss.379–381. Tillgänglig: <http://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/jf60005a004> [2018/1/29]
- Bulmer, C. (2000). Reclamation of forest soils with excavator tillage and organic amendments. *Forest Ecology and Management*, 133 (1), ss.157–163. Tillgänglig: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378112799003060> [2018/2/15]
- C Caron. (1994). *Ramial chipped wood: A basic tool for regenerating soils*. Quebec: University of Laval. Faculty of Forestry and Geomatics. Department of Wood and Forest science. Coordination Group on Ramial Wood. Publ. 50. Tillgänglig: <https://www.scribd.com/document/266994770/Ramial-Chipped-Wood-A-Basic-Tool-for-Regenerating-Soils> [2018/1/25]
- Caron, C., Lemieux, G., Lachance, L. (1998). *Regenerating soils with ramial chipped wood*. Quebec: University of Laval. Faculty of Forestry and Geomatics. Department of Wood and Forest science. Coordination Group on Ramial Wood. Publ. 83. Tillgänglig: [https://www.dirtdoctor.com/organic-research-page/Regenerating-Soils-with-Ramial-Chipped-Wood\\_vq4462.htm](https://www.dirtdoctor.com/organic-research-page/Regenerating-Soils-with-Ramial-Chipped-Wood_vq4462.htm) [2018/1/25]
- Edmonds, R. (1987). Decomposition rates and nutrient dynamics in small-diameter woody litter in four forest ecosystems in Washington, U.S.A. *Canadian Journal of Forest Research*, 17 (6), ss.499–509. Tillgänglig: <http://www.nrcresearchpress.com/doi/abs/10.1139/x87-084#.Wm7mmWTyhQI> [2018/1/29]
- Erickson, H. E., Edmonds, R. L., Peterson, C. E. (1985) Decomposition of logging residue in Douglas-fir, western hemlock, Pacific silver fir, and ponderosa pine



- ecosystems. *Canadian Journal of Forest Research*, 15(5): ss.914-921. Tillgänglig: <http://www.nrcresearchpress.com/doi/abs/10.1139/x85-147#.WqklEFwa2x> [2018/3/14]
- Evert, R.F., Eichhorn, S.E. & Raven, P.H., 2013. *Raven biology of plants* 8th ed., International., New York: W.H. Freeman
- Fasth, B.G., Harmon, M.E., Sexton, J., White, P. (2011). Decomposition of fine woody debris in a deciduous forest in North Carolina. *Journal Of The Torrey Botanical Society*, 138 (2), ss.192–206. Tillgänglig: <http://www.bioone.org/doi/full/10.3159/TORREY-D-10-00009.1> [2018/2/15]
- Germain, D., Lemieux, G (2000). *Ramial Chipped Wood: the Clue to a Sustainable Fertile Soil*. Quebec: University of Laval. Faculty of Forestry and Geomatics. Department of Wood and Forest science. Coordination Group on Ramial Wood. Publ. 128. Tillgänglig: [https://www.researchgate.net/publication/228364133\\_Ramial\\_Chipped\\_Wood\\_the\\_Clue\\_to\\_a\\_Sustainable\\_Fertile\\_Soil](https://www.researchgate.net/publication/228364133_Ramial_Chipped_Wood_the_Clue_to_a_Sustainable_Fertile_Soil) [2018/1/17]
- Germer, S., Van Dongen, R., Kern, J. (2017). Decomposition of cherry tree prunings and their short-term impact on soil quality. *Applied Soil Ecology*, 117-118, ss.156–164. Tillgänglig: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S092913931730080X> [2018/1/28]
- Holtz B.A., Caesar-TonThat T., McKenry M.V. (2005). Wood chipping almond brush and its effect on soil and petiole nutrients, soil aggregation, water infiltration, and nematode and basidiomycete populations. In : Oliveira M.M. (ed.), Cordeiro V. (ed.). XIII GREMPA Meeting on Almonds and Pistachios . Zaragoza : CIHEAM, 2005. ss. 247-254 (Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens; n. 63) <http://ressources.ciheam.org/om/pdf/a63/05600038.pdf> [2018/1/28]
- Homyak, P.M., Yanai, R.D., Burns, D.A., Briggs, R.D., Germain, R., H. (2008). Nitrogen immobilization by wood-chip application: Protecting water quality in a northern hardwood forest. *Forest Ecology and Management*, 255 (7), ss.2589–2601. Tillgänglig:

- <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378112708000698?via%3DiHub> [2018/2/6]
- Johansson, W. (1992). Markstruktur - fysikaliska egenskaper och betingelser. Jordbruksverket (SJV). Tillgänglig: [http://www.vaxteko.nu/html/sll/sjv/utan\\_serietitel\\_sjv/UST92-3/UST92-3H.HTM](http://www.vaxteko.nu/html/sll/sjv/utan_serietitel_sjv/UST92-3/UST92-3H.HTM) [2018/2/8]
- Kratschmer, H. (2000). *Jord och kompost: gödsling och jordförbättring på naturens villkor*, Västerås: Ica.
- Kozlowski, T.T., & Pallardy, S.G. (1997) *Physiology of woody plants*, San Diego: Academic Press Tillgänglig: <https://www.sciencedirect.com/science/book/9780124241626> [2018/3/14]
- Lemieux, G.(1996). *The Hidden world that feeds us: the living soil*. Québec: Laval University. Coordination Group on Ramial Wood. Publication no 59b. Tillgänglig: <https://www.doc-developpement-durable.org/file/Fertilisation-des-Terres-et-des-Sols/BRF/living%20soil%20of%20deciduous%20forest.pdf> [2018/3/7]
- Lemieux, G. (1997). *Fundamentals of Forest Ecosystem Pedogenetics: An Approach to Metastability Through Tellurian Biology*. Québec: Laval University. Coordination Group on Ramial Wood. Publication no 72. Tillgänglig: [www.aggra.org/documents-pdf/doc\\_download/84-fundamentals-of-forest-ecosystem-pedogenetic.html](http://www.aggra.org/documents-pdf/doc_download/84-fundamentals-of-forest-ecosystem-pedogenetic.html) [2018/3/6]
- Li, Z., Schneider, R.L., Morreale, S.J., Xie, Y., Li, C., Li, J. (2018). Woody organic amendments for retaining soil water, improving soil properties and enhancing plant growth in desertified soils of Ningxia, China. *Geoderma*, 310, ss.143–152. Tillgänglig: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0016706116310072> [2018/1/28]
- Lunt, H.A (1955). *The use of woodchips and other wood fragments as soil amendments*. New Haven, Connecticut: The Connecticut experiment station, Bulletin 593. Tillgänglig: <http://www.ct.gov/caes/lib/caes/documents/publications/bulletins/b593.pdf> [26/1/2018]

- Magdoff, F., Van Es, H. (2009). *Building soils for better crops : sustainable soil management* 3rd ed., Beltsville, MD: Sustainable Agriculture Research and Education Program Tillgänglig: [https://slub-primo.hosted.exlibrisgroup.com/primo-explore/fulldisplay?docid=SLUB\\_ALEPH001830665&context=L&vid=SLUB\\_V1&lang=sv\\_SE&search\\_scope=default\\_scope&adaptor=Local%20Search%20Engine&isFrbr=true&tab=default\\_tab&query=any,contains,building%20soils%20for%20better%20crops%20%20sustainable%20soil%20management%20f%20magdoff&sortby=date&facet=frbrgroupid,include,1861675352&offset=0](https://slub-primo.hosted.exlibrisgroup.com/primo-explore/fulldisplay?docid=SLUB_ALEPH001830665&context=L&vid=SLUB_V1&lang=sv_SE&search_scope=default_scope&adaptor=Local%20Search%20Engine&isFrbr=true&tab=default_tab&query=any,contains,building%20soils%20for%20better%20crops%20%20sustainable%20soil%20management%20f%20magdoff&sortby=date&facet=frbrgroupid,include,1861675352&offset=0) [2018/1/28]
- Melillo, J.M., Naiman, R.J., Aber, J.D, Eshleman, K.N. (1983). The influence of substrate quality and stream size on wood decomposition dynamics. *Oecologia*, 58(3), ss.281–285. Tillgänglig: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF00385224> [2018/1/29]
- Nada, W. M., Van Rensburg, L., Claassens, S., Blumenstein, O., Friedrich, A. (2012). Evaluation of Organic Matter Stability in Wood Compost by Chemical and Thermogravimetric Analysis. *International Journal of Environmental Research*, 6 (2), ss.425–434. Tillgänglig: [https://ijer.ut.ac.ir/article\\_510\\_29fdd6c1cd95ae89b874b894ea3939eb.pdf](https://ijer.ut.ac.ir/article_510_29fdd6c1cd95ae89b874b894ea3939eb.pdf) [2018/1/28]
- N'dayegamiye, A. & Angers, D.A. (1993). Organic matter characteristics and water-soluble aggregation of a sandy loam soil after 9 years of wood-residue applications. *Canadian journal of soil science*, 73 (1), ss.115-122. Tillgänglig: <http://www.nrcresearchpress.com/doi/abs/10.4141/cjss93-011#.WnRgWtYhQI> [2018/2/2]
- Ostrogovic, M.Z., Marjanovic, H., Balenovic, I., Sever, K., Jazbec, A., (2015). Decomposition of Fine Woody Debris from Main Tree Species in Lowland Oak Forests. *Polish Journal of Ecology*, vol.63 (2) ss.247-259. Tillgänglig: <http://www.bioone.org/doi/abs/10.3161/15052249PJE2015.63.2.008> [2018/1/29]
- Pettersen, R.C. (1984). The Chemical Composition of Wood.I: Rowell, R.M. The Chemistry of Solid Wood. Advances in Chemistry series, 207, Am. Chem. Society, Washington, D.C, ss.57-126. Tillgänglig:

<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.458.4426&rep=rep1&type=pdf> [2018/2/18]

Robert, N., Tanguy, M., Riss, J., Gallois, R. (2014). EFFECTS OF RAMIAL CHIPPED WOOD AMENDMENTS ON WEED CONTROL, SOIL PROPERTIES AND TOMATO CROP YIELD. *Acta Horticulturae*, (1018), ss.383–389. Tillgänglig: <https://www.actahort.org/members/showpdf?session=5303> [2018/1/25]

Scotti, R., D'Ascoli, R., Caceres, M.G., Bonanomi, G., Sultana, S., Cozzolino, L., Scelza, R., Zoina, A., Rao, M.A. (2015). Combined use of compost and wood scraps to increase carbon stock and improve soil quality in intensive farming systems: Large C:N ratio amendment to improve soil quality. *European Journal of Soil Science*, 66 (3), ss.463–475. Tillgänglig: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/ejss.12248> [2018/1/29]

M. D. Soumare , P. N.S. Mnkeni & M. Khouma (2002) Effects of Casuarina equisetifolia Composted Litter and Ramial-Wood Chips on Tomato Growth and Soil Properties in Niayes, Senegal, *Biological Agriculture & Horticulture*, 20:2, 111-123, DOI: 10.1080/01448765.2002.9754955 Tillgänglig: <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/01448765.2002.9754955?needAccess=true> [2018/3/22]

Tahboub, M.B.B., Lindemann, W.C.C., Murray, L. (2008). Chemical and physical properties of soil amended with pecan wood chips. *HortScience*, 43 (3), ss.891–896. Tillgänglig: <http://hortsci.ashspublications.org/content/43/3/891.full.pdf+html> [2018/1/28]

Tolhurst, Iain. (2010). Composting Woodchips. *The Organic grower*. (nr 5), ss.28-29. Tillgänglig: <https://veganorganic.net/composting-woodchips/> [2018/1/17]

Tolhurst, Iain (2014). *Peat-free woodchip compost for growing media-Field Lab report*. Soil Association / Organic Research Centre / Duchy Originals from Waitrose. Tillgänglig: <https://www.agricology.co.uk/sites/default/files/Woodchip%20field%20lab%20report.pdf> [2018/1/26]

Vandecasteele, B. Willekens, K., Du Laing, G., Van Waes, J., Tack, F.M.G. (2014). Effect of Feedstock, Organic Matter Content and Ph on Cd, Zn and Mn Availability

in Farm Compost Based on Bark and Wood Chips. *Acta Horticulturae*, (1018), ss.661–668. Tillgänglig:

<https://www.actahort.org/members/showpdf?session=20218> [2018/1/20]

Venner, Kirsty H., Preston, Caroline M. & Prescott, Cindy E. (2011). Characteristics of wood wastes in British Columbia and their potential suitability as soil amendments and seedling growth media. *Canadian journal of soil science*, 91 (1), ss.95–106. Tillgänglig: <http://www.bioone.org/doi/full/10.1139/CJSS09109> [2018/1/25]

Wallace, A. & Terry, R.E. (1998). *Handbook of soil conditioners : substances that enhance the physical properties of soil*, New York: Marcel Dekker.

Weedon, J.T. , Corwell,W.K.,Cornelissen, J.H.C., Zanne, A.Z., Wirth,C., Coomes, D.A. (2009). Global meta-analysis of wood decomposition rates: a role for trait variation among tree species? *Ecology Letters*, 12 (1), ss.45–56. Tillgänglig: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1461-0248.2008.01259.x/full> [2018/2/15]

Wiklander, L. (1976). *Marklära*, Uppsala: Lantbrukshögskolan.